

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第4801734号  
(P4801734)

(45) 発行日 平成23年10月26日(2011.10.26)

(24) 登録日 平成23年8月12日(2011.8.12)

(51) Int. Cl.		F I	
HO 1 F 41/02	(2006.01)	HO 1 F 41/02	D
B 2 2 F 1/02	(2006.01)	B 2 2 F 1/02	C
B 2 2 F 3/02	(2006.01)	B 2 2 F 3/02	M
B 2 2 F 3/24	(2006.01)	B 2 2 F 3/24	J
HO 1 F 1/24	(2006.01)	HO 1 F 1/24	

請求項の数 19 (全 14 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号	特願2008-516788 (P2008-516788)	(73) 特許権者	595054486
(86) (22) 出願日	平成18年6月15日(2006.6.15)		ホガナス アクチボラゲット
(65) 公表番号	特表2008-544520 (P2008-544520A)		スウェーデン国 ホガナス (番地なし)
(43) 公表日	平成20年12月4日(2008.12.4)	(74) 代理人	100066692
(86) 国際出願番号	PCT/SE2006/000722		弁理士 浅村 皓
(87) 国際公開番号	W02006/135324	(74) 代理人	100072040
(87) 国際公開日	平成18年12月21日(2006.12.21)		弁理士 浅村 肇
審査請求日	平成20年6月3日(2008.6.3)	(74) 代理人	100122655
(31) 優先権主張番号	0501378-4		弁理士 浅野 裕一郎
(32) 優先日	平成17年6月15日(2005.6.15)	(74) 代理人	100107504
(33) 優先権主張国	スウェーデン(SE)		弁理士 安藤 克則
(31) 優先権主張番号	60/702,996	(72) 発明者	スコーマン、ピョルン
(32) 優先日	平成17年7月28日(2005.7.28)		スウェーデン国、ホガナス、メンデルグレン
(33) 優先権主張国	米国(US)		ンスヴェーゲン 136

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 電磁軟質複合体材料

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

電磁軟質鉄又は鉄基粉末で、その芯粒子が電気絶縁性無機被覆で取り巻かれている粉末と、組成物の0.05～1.5重量%の量の有機潤滑剤で、金属を含まず、被覆の分解温度よりも低い気化温度を有する有機潤滑剤との混合物を含む粉末組成物をダイ成形する工程と；

前記ダイから成形物体を射出する工程と；

前記成形物体を、非還元性雰囲気中で、前記潤滑剤の気化温度よりは高いが、前記無機被覆の分解温度よりは低い温度へ加熱し、前記成形物体から潤滑剤を除去する工程及び

前記得られた物体を、水蒸気中で300～600の温度で熱処理にかけける工程と；  
を含む、電磁軟質複合体部品の製造方法。

【請求項2】

成形を、上昇させた温度で行ない、場合により、予め加熱した粉末を用いて行う、請求項1に記載の方法。

【請求項3】

成形を、せいぜい60の温度、好ましくはせいぜい40、最も好ましくはせいぜい30の温度で、有機潤滑剤(一種又は多種)の溶融温度よりは低い温度で行う、請求項2に記載の方法。

【請求項4】

非還元性雰囲気が、不活性ガス又は空気である、請求項1～3のいずれか1項に記載の

10

20

方法。

【請求項 5】

潤滑剤の気化温度が、500 より低く、好ましくは450 より低く、最も好ましくは400 より低い、請求項 1 ~ 4 のいずれか 1 項に記載の方法。

【請求項 6】

酸化性雰囲気中での潤滑剤の気化温度が、400 より低く、好ましくは350 より低く、最も好ましくは300 より低い、請求項 1 ~ 5 のいずれか 1 項に記載の方法。

【請求項 7】

水蒸気中での熱処理（水蒸気処理）を、550 より低い温度で行う、請求項 1 ~ 6 のいずれか 1 項に記載の方法。

10

【請求項 8】

芯粒子が、本質的に純粋な鉄からなる、請求項 1 ~ 7 のいずれか 1 項に記載の方法。

【請求項 9】

芯粒子を絶縁する無機被覆がリンを含む、請求項 1 ~ 8 のいずれか 1 項に記載の方法。

【請求項 10】

絶縁粉末粒子の平均粒径が106 ~ 425  $\mu\text{m}$ である、請求項 1 ~ 9 のいずれか 1 項に記載の方法。

【請求項 11】

絶縁粉末粒子の少なくとも20%が、212  $\mu\text{m}$ より大きな粒径を有する、請求項 1 ~ 10 のいずれか 1 項に記載の方法。

20

【請求項 12】

潤滑剤の量が、組成物の、0.05 ~ 1.0 重量%、好ましくは0.05 ~ 0.7 重量%、最も好ましくは0.05 ~ 0.6 重量%である、請求項 1 ~ 11 のいずれか 1 項に記載の方法。

【請求項 13】

潤滑剤を、飽和又は不飽和脂肪酸又はそれらの組合せの第一級アミド及び第二級アミドからなる群から選択する、請求項 1 ~ 12 のいずれか 1 項に記載の方法。

【請求項 14】

潤滑剤を、飽和又は不飽和脂肪酸アルコールからなる群から選択する、請求項 1 ~ 13 のいずれか 1 項に記載の方法。

30

【請求項 15】

潤滑剤を、ステアルアミド、エルシル - ステアルアミド、及びベヘニルアルコールからなる群から選択する、請求項 1 ~ 14 のいずれか 1 項に記載の方法。

【請求項 16】

潤滑剤を、エチレン - ビスステアルアミドのようなアミドワックスからなる群から選択する、請求項 1 ~ 15 のいずれか 1 項に記載の方法。

【請求項 17】

酸化クラスト及び非酸化芯を有する、請求項 1 ~ 16 のいずれか 1 項に記載の方法に従い製造された電磁軟質複合体部品。

【請求項 18】

少なくとも100 MPaの抗折力、少なくとも700の透磁率、及び1テスラ、400 Hzでせいぜい70 W/kgの鉄損を有する、請求項 1 に記載の方法に従い製造された電磁軟質複合体部品。

40

【請求項 19】

少なくとも120 MPaの抗折力、少なくとも800の透磁率、及び1テスラ、400 Hzでせいぜい65 W/kgの鉄損を有する、請求項 1 に記載の方法に従い製造された電磁軟質複合体部品。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

50

本発明は、新規な電磁軟質複合体材料に関する。特に、本発明は、改良された軟質電磁性を有する新規な電磁軟質複合体材料を製造する方法に関する。

【背景技術】

【0002】

電磁軟質材料は、インダクタ、電気機械のための固定子及び回転子、アクチュエータ、センサー、及び変圧器の芯のような用途で用いられている。電気機械中の回転子及び固定子のような電磁軟芯は、慣用的には鋼積層体から作られている。

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0003】

しかし、最近数年間に、いわゆる電磁軟質複合体 (Soft Magnetic Composite) (SMC) 材料に鋭い関心が寄せられている。SMC材料は、電磁軟質粒子、通常鉄基粒子で、それぞれの粒子に電気絶縁被覆を与えたものに基づいている。場合により、潤滑剤及び/又は結合剤と一緒にそれら絶縁粒子を慣用的粉末冶金法を用いて成形することにより、SMC部品が得られる。この粉末冶金技術を用いることにより、鋼積層体を用いた場合に比較してSMC部品の設計に一層大きな自由度を与える材料を製造することができる。なぜなら、SMC材料は、三次元的磁束を有し、三次元的形態のものを成形法により得ることができるからである。

【0004】

SMC材料に関心が深まった結果として、それら材料の用途を拡大するために、SMC材料の軟磁特性の改良が鋭意研究の主題になっている。そのような改良を達成するために、新規な粉末及び方法が継続して開発されつつある。

【0005】

軟電磁特性の外に、良好な機械的性質も必須である。これに関して、成形された複合体の水蒸気処理が、米国特許第6,485,579号明細書に記載されているように、有望な結果を示してきている。本発明により、機械的性質に関するのみならず、軟電磁特性に関して、水蒸気処理は、粉末の種類、潤滑剤、及び処理パラメータに関し、或る条件が満たされるならば、予想外に良好な結果を与えることができることが発見された。簡単に述べると、前記米国特許に開示されている発明とは対照的に、成形すべき鉄又は鉄基組成物に用いられる潤滑剤が有機性のものにすべきこと、そしてそれを水蒸気処理する前に成形物体中に何ら残留物を残さないようにして気化すべきことが見出された。

【課題を解決するための手段】

【0006】

本発明は、次の工程：

- 電磁軟質鉄又は鉄基粉末で、その芯粒子 (core particles) が電気絶縁性無機被覆で取り巻かれている粉末と、組成物の0.05~1.5重量%の量の有機潤滑剤で、金属を含まず、前記被覆の分解温度よりも低い気化温度を有する有機潤滑剤との混合物を含む粉末組成物をダイ成形する工程；

- 前記ダイから成形物体を射出し；

- 前記成形物体を、非還元性雰囲気中で、前記潤滑剤の気化温度よりは高いが、前記無機被覆の分解温度よりは低い温度へ加熱し、前記成形物体から潤滑剤を除去する工程、及び

- 前記得られた物体を、水蒸気中で300~600の温度で熱処理にかける工程；

を含む、電磁軟質複合体部品の製造方法に関する。

【0007】

本発明により、優れた機械的及び磁氣的性質を有する粉末冶金成形物体を得ることができる。これらの物体は、少なくとも100MPaの抗折力、少なくとも700の透磁率、及び1テスラ、400Hzでせいぜい70W/kgの鉄損、一層特別には、少なくとも120MPaの抗折力、少なくとも800の透磁率及び1テスラ、400Hzでせいぜい6

10

20

30

40

50

5 W / k g の鉄損のような優れた性質を特色とすることができる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0008】

本発明により用いられる電磁軟質粉末は、鉄又は鉄を含有する合金から構成される。電磁軟質粉末は、本質的に純粋な鉄を含むのが好ましい。この粉末は、例えば、スポンジ状鉄粉のように、市販の水噴霧又はガス噴霧した鉄粉又は還元鉄粉末にすることができるであろう。本発明により用いることができる好ましい電気絶縁層は、米国特許第6,348,265号(これは参考のためここに入れてある)に記載されている種類の薄いリン含有層又は障壁である。絶縁層の別の種類は、例えば、米国特許第6,562,458号及び第6,419,877号明細書に記載されている。絶縁された粒子を有し、本発明に従って適当な出発材料である粉末は、例えば、スウェーデンのヘガネス(Hoeganaes)ABから入手できるソマロイ(Somaloy)(登録商標名)500及びソマロイ700(登録商標)である。

10

【0009】

今まで、粗い粒子の粉末を用いて、非常に興味のある結果が得られており、そのような粉末は106~425 $\mu$ mの平均粒径を有する。一層特別には、少なくとも20%の粒子が、212 $\mu$ mより大きい粒径を有するのが好ましい。

【0010】

鉄又は鉄基粉末組成物で用いられる潤滑剤の種類は重要であり、周囲温度より高く、無機電気絶縁被覆又は層の分解温度より低い温度で気化する有機潤滑性物質で、無機絶縁体にとって有害な、或いは気孔を閉塞し、そのため本発明による後の酸化を妨げることがあるような残留物を残すことのない有機潤滑性物質から選択される。鉄又は鉄基粉末のダイ成形のために一般に用いられている金属石鹼は、部品中に金属酸化物残渣を残すので適さない。例えば、広く用いられているステアリン酸亜鉛は酸化亜鉛を残し、それが、例えば、ホスホラス含有絶縁層の絶縁性に致命的な影響を与える。勿論、不純物及び微量の金属は、本発明により用いられる潤滑剤の中に存在していてもよいであろう。

20

【0011】

潤滑剤として適切な有機物質は、脂肪アルコール、脂肪酸、脂肪酸の誘導体、及びワックスである。好ましい脂肪アルコールの例は、ステアリルアルコール、ベヘニルアルコール、及びそれらの組合せである。飽和又は不飽和脂肪酸の第一級及び第二級アミド、例えば、ステアルアミド、エルシルステアルアミド、及びそれらの組合せも用いることができる。ワックスは、エチレンビス-ステアルアミドのようなポリアルキレンワックスから選択するのが好ましい。更に、特定の形に成形される組成物中に潤滑剤が存在することが好ましいが、潤滑剤は、別の形態で存在していてもよい。

30

【0012】

用いられる潤滑剤の量は変えることができ、通常、成形される組成物の、重量で0.05~1.5%、好ましくは0.05~1.0%、一層好ましくは0.05~0.7%、最も好ましくは0.05~0.6%である。潤滑剤の量が0.05%より少ないと、不十分な潤滑性能を与え、それが射出される部品及びダイ壁の表面に擦り傷を与えるのみならず、主に部品表面の劣化した絶縁層のため成形部品の電気抵抗率を低くする結果になることがある。更に、擦り傷の付いた表面を有する部品は、表面気孔の一層大きな閉塞度を示し、それが今度は潤滑剤の自由な気化を妨げる。結局、水蒸気(=水の蒸気)中での酸化を含めた後の段階で、そのように脱潤滑が不十分な部品は、成形物体全体にわたり水蒸気の透過及び酸化をさせにくくするであろう。そのため、強度が低く、電気抵抗率も不十分になる結果になるであろう。もし物体が無機絶縁体を劣化することがある温度に到達する前に、その物体全体にわたり水蒸気及び酸化が浸透するならば、物体の無機絶縁性及び、従って、電気抵抗率は、高温で一層よく保護されるであろう。1.5%より多い潤滑剤量は、射出性を改良するであろうが、一般に成形部品の圧粉密度を余りにも低くし、それにより許容できない位低い磁気誘導及び透磁率を与える結果になる。

40

【0013】

50

成形は周囲温度又は上昇させた温度で行うことができる。従って、粉末及び/又はダイを、成形前に予熱してもよい。現在までのところ、最も興味ある結果は、ダイを制御された予定の温度に加熱することにより得られた上昇温度で成形を行なった場合に得られている。ダイ温度は、用いた潤滑性物質の溶融温度より低いせいぜい60の温度に調節するのが適切である。例えば、ステアルアミドの場合、好ましいダイ温度は、ステアルアミドが約100で溶融するので、60~100である。成形は、通常400~2000MPa、好ましくは600~1300MPaで行われる。

#### 【0014】

成形物体は、次に、潤滑剤の気化温度よりも高い温度であるが、無機絶縁性被覆/層の分解温度よりは低い温度で、その潤滑剤を除去するために熱処理に掛ける。現在用いられている多くの潤滑剤及び絶縁性層の場合、このことは気化温度が500より低く、適切には200~450にすべきであることを意味している。現在までのところ、最も興味ある結果は、400より低い気化温度を有する潤滑剤について得られている。しかし、本発明による方法は、これらの温度に特に限定されるものではなく、異なった工程で用いられる温度は、電気絶縁層の分解温度と潤滑剤の気化温度との関係に依存する。

10

#### 【0015】

気化処理は、窒素のような不活性雰囲気で行なうのが好ましいであろう。しかし、ある条件下では、空気のような酸化性雰囲気中で有機潤滑剤を気化することに関心が持たれるであろう。この場合、部品の内部に気化しなかった潤滑剤をトラップしたり、潤滑剤分解生成物を残したりすることがある表面気孔の閉塞を防ぐために、鉄又は鉄基粒子のかなりの表面酸化が行なわれる温度よりも低い温度で気化を行なうべきである。このことは、現在用いられている燐系無機被覆に関連して用いられている潤滑剤の、例えば、空気中の気化温度は、400より低く、適切には200~350にすべきことを意味する。結局、高い(約350より高い)気化温度を有する潤滑剤の場合、表面気孔の前酸化を回避するため脱潤滑剤を不活性雰囲気で行なわなければならない。

20

#### 【0016】

脱潤滑剤された物体を、次に300~600の温度で水蒸気処理する。処理時間は、通常5~120分、好ましくは5~60分の範囲ある。もし水蒸気処理を300より低い温度で行なうならば、十分な強度を得るための時間は許容できない位長くなるであろう。一方、成形物体の水蒸気処理を約600より高い温度に維持するならば、無機絶縁体が破壊されることがある。従って、水蒸気処理の温度及び時間は、希望の強度、潤滑剤の種類、及び電気絶縁性被覆の種類を考慮に入れて、当業者によって適切に決定される。

30

#### 【0017】

本発明で好ましく用いられる水蒸気は、一つの分圧を有する過熱水蒸気として定義することができる。改良された効果、即ち、一層短い処理時間又は一層厚い酸化層が、過熱水蒸気を加圧するならば予期できるであろう。成形物体の機械的強度、磁氣的性質、及び表面外観に関して最良の結果を達成するためには、確実に水蒸気が希釈又は汚染されないように注意を払うべきである。

#### 【0018】

どのような特定の理論によっても束縛されるものではないが、水蒸気処理は鉄基粒子の表面に特定の酸化効果を与えるものと考えられる。この酸化処理は、成形物体の表面から始まり、その物体の中心の方へ浸透する。本発明の一つの態様によれば、酸化処理は全ての粒子の表面が特定の酸化処理を受けてしまう前に停止する。この場合、酸化されたクラストが未だ酸化されていない芯を取り巻くであろう(図1参照)。成形物体の機械的強度が許容可能なレベルに到達している限り、成形物体全体にわたり完全な酸化が行なわれてしまう前に酸化処理を停止することができる。このことは、鉄損に比較して機械的強度及び透磁率を最適にする可能性を示唆している。酸化された材料は、改良された強度及び透磁率を示すが、鉄損がわずかに高くなっている。

40

#### 【0019】

本方法は、例えば、JBファーンネス・エンジニアリング社(J B Furnace

50

Engineering Ltd.)、サーネス・エンジニアリング (SARNES Ingenieure OHG)、フルイドサーム・テクノロジーP社 (Fluidtherm Technology P.Ltd.)、等から市販されている炉でバッチ式又は連続式方法として行なうことができる。

【0020】

次の実施例から分かるように、抗折力、電気抵抗率、電磁誘導、及び透磁率に関して、顕著な性質を有する電磁軟質複合体部品を、本発明による方法で得ることができる。

【0021】

図面の説明

図1は、スウェーデンのヘガネスABから入手できる純粋鉄粉末である、ソマロイ500及びソマロイ700を用いて本発明により製造された種々の部品からの種々の断面を示す。これらの粉末の粒子は、ホスホラス含有層で絶縁されている。完全に酸化された部品、及び酸化クラスト (crust) を有する部品が図1に示されている。

10

【0022】

図2には、種々の潤滑剤を用いた成形物体の熱重量分析が示されている。

【実施例】

【0023】

本発明を更に次の実施例により例示するが、本発明は、それらによって限定されるものではない。

【0024】

20

例1

出発材料としてソマロイ700を用いた。その出発材料を異なった量 (0.2~0.5重量%) の有機潤滑剤、ステアルアミドを、表1に従って混合した。

【0025】

異なった配合物を45mmの内径、55mmの外径、及び5mmの高さを有する環状試料に成形し (600~1100MPa)、表1に具体的に示した密度とし、抗折力試料 (TRS試料) とした。ダイ温度を、80の温度及び周囲温度に制御した (試料E)。

【0026】

成形後、試料をダイから射出し、空気雰囲気中で300で20分間熱処理し、次に520で45分間水蒸気処理にかけた。対照として、0.3%のステアルアミドを含む試料を800MPaで圧縮し、空気中で520で30分間、一工程熱処理にかけた試料を用いた。

30

【0027】

抗折力をISO 3995に従ってTRS試料で測定した。100ドライブ (drive) 及び100センス (sense) 巻を有する環状試料について、ブロックハウス (Blockhaus) からのヒステリシスグラフを用いて磁氣的性質を測定した。4kA/mの印加電場での最大透磁率を測定した。

【0028】

【表 1】

表 1

試料	ステアルアミド (重量%)	成形圧力 (MPa)	密度 (g/cm <sup>3</sup> )	TRS (MPa)	最大 $\mu$
対照	0.30	800	7.54	45	620
A	0.30	600	7.44	115	800
B	0.30	800	7.56	130	860
C	0.30	1100	7.63	110	900
D	0.40	800	7.53	130	820
E (周囲)	0.40	800	7.49	135	750
F	0.20	1100	7.68	115	950
G	0.50	800	7.49	135	800

10

20

## 【0029】

表 1 から分かるように、部品（試料 A ~ G）を、本発明により水蒸気処理すると、単に空气中で熱処理された対照熱処理部品と比較して、顕著に高い TRS 値及び高い最大透磁率が得られる。更に、加熱されていない工具ダイを用いると、僅かに悪い磁氣的性質と共に低い密度を与える（試料 E）。

## 【0030】

## 例 2

ソマロイ 700 粉末を、0.4 重量% のステアルアミドと混合し、例 1 に従い 800 MPa の工具ダイ温度を用いて 800 MPa で成形した（密度 7.53 g/cm<sup>2</sup>）。試料（D、H、及び I）を、更に不活性ガス雰囲気中 300 °C で 20 分間の熱処理にかけ、次に種々の温度、300 °C、520 °C、及び 620 °C でそれぞれ水蒸気処理した。

30

## 【0031】

例 1 に従い、磁氣的及び機械的性質を測定した。四点測定法により環状試料で比電気抵抗率を測定した。1 テスラ、400 Hz で全鉄損を測定した。

## 【0032】

## 【表 2】

表 2

試料	TRS (MPa)	抵抗率 ( $\mu\Omega\text{m}$ )	最大 $\mu$	鉄損 (W/kg)
D (520°C水蒸気)	145	260	820	44
H (300°C水蒸気)	110	860	630	68
I (620°C水蒸気)	120	5	860	180

40

## 【0033】

50

表2から分かるように、水蒸気中での広い範囲の熱処理温度(300 ~ 620)で、大きなTRS値が得られる。しかし、低い水蒸気処理温度では、低い材料緩和を与え、それは一層大きな鉄損を与える結果になる(試料H)。一層低い温度(<300)は、酸化効果がないか又は許容できないくらい長い処理時間を与える結果になるであろう。それとは対照的に、余りにも高い温度は、絶縁被覆を劣化し、鉄損のような不十分な磁気的性質と共に許容できないくらい低い抵抗率を与えるであろう(試料I)。

【0034】

例3

ソマロイ700粉末を、0.5重量%のステアルアミド、EBSワックス、及びステアリン酸亜鉛とそれぞれ一緒に混合し、 $7.35 \text{ g/cm}^3$ まで成形した。試料(J、K、及びL)を、更に空气中で350で、そして窒素雰囲気中で440で、それぞれ45分間熱処理にかけた。然る後、それら潤滑剤除去部品を、530で30分間水蒸気処理した。

【0035】

例1及び2に従って、磁気的及び機械的性質を測定し、下の表3に要約する。

【0036】

【表3】

表3

試料	気化処理	TRS (MPa)	抵抗率 ( $\mu\Omega\text{m}$ )	最大 $\mu$	鉄損 (W/kg)	性能
J(ステアルアミド)	350°C 空気	141	165	620	58	良好
	440°C N <sub>2</sub>	150	67	620	63	OK
K(EBSワックス*)	350°C 空気	69	11	350	100	不十分
	440°C N <sub>2</sub>	147	160	620	59	良好
L(ステアリン酸亜鉛)	350°C 空気	122	8	680	90	不十分
	440°C N <sub>2</sub>	148	12	590	77	不十分

\* エチレンビスステアルアミド [アクラワックス(Acrawax)(登録商標名)]

【0037】

表3から分かるように、気化を行う雰囲気及び温度は非常に重要である。本発明により、水蒸気処理後に高強度及び高電気抵抗率の両方を有する成形物体を得るためには、潤滑剤を気化し、本質的に残留物を残さないようにすべきである。

【0038】

ステアルアミド(試料J)は、不活性ガス雰囲気中及び空気の両方の中で300以上で完全に気化する。可能な最低気化温度は、それが改良された電気抵抗率及び従って一層低い鉄損を与えるので好ましい。EBSワックス(試料K)は、空气中で350では気化することができないが、表3に従い、400より高い温度で窒素中で成形物体から除去される。

【0039】

表3から、金属を含む潤滑剤は、満足な結果を与えないこと、及び異なった有機潤滑剤については雰囲気の種類及び温度が重要であることが分かる。それぞれの潤滑剤/絶縁層について、適当な雰囲気と温度との組合せは、当業者によって決定することができる。

【0040】

## 例 4

ソマロイ 700 粉末を、0.3 重量%のベヘニルアルコール〔ナコル (NACOL) (登録商標名) 22-98〕と混合し、55 の工具ダイ温度を用いて 800 MPa で成形した。試料 (M、N、及び O) を、不活性ガス雰囲気中で 30 分間、表 4 による潤滑剤の種々の気化温度で熱処理に更に加え、次に 520 で 45 分間水蒸気処理した。

【0041】

【表 4】

表 4

試料	潤滑剤気化 処理	TRS (MPa)	抵抗率 ( $\mu\Omega\text{m}$ )	鉄損 (W/kg)
M	250°C	65	12	101
N	350°C	149	153	54
O	450°C	154	52	74

10

【0042】

磁氣的及び機械的性質は、例 1 及び 2 に従って測定された。

20

【0043】

表 4 は、潤滑剤の正しい気化温度を用いることが重要であることを示している。気化温度が低過ぎると潤滑剤の除去が不十分になり、閉じた表面気孔を与える (試料 M)。気化温度が高過ぎると (試料 O)、逆に絶縁被覆を高い温度に不必要に長い時間曝すことになり、低い電気抵抗率を与える結果になる。

【0044】

## 例 5

ソマロイ 700 粉末を、0.5 重量%の 8 種類の異なった潤滑剤と混合し、それら試料を 800 MPa で成形した。用いた潤滑剤はベヘニルアルコール、ステアルアミド、エチレンビス-ステアルアミド (EBS)、ユウルシル (euryl)-ステアルアミド、オレインアミド、ポリエチレンワックス (Mw = 655 g/mol; PW655)、ポリアミド〔オルガゾル (Orgasol) (登録商標名) 3501〕、及びステアリン酸亜鉛である。

30

【0045】

試料 (それぞれ 0.68 g に秤量した試料) の熱重量分析 (TGA) を行なった。TGA 測定は、制御された雰囲気中で温度 (又は時間) の関数として材料の重量変化を測定する。TGA 曲線を、窒素雰囲気中 10 / 分の加熱速度を用いて 20 ~ 500 で記録し、図 2 に記載する。図から分かるように、潤滑剤の気化は潤滑剤によって異なった進行をする。

40

【0046】

試料 P、Q、R、及び S は、各々比較的低い沸点を有する潤滑剤を含む。これらの潤滑剤は、主に蒸気として除去され、奇麗な気孔構造を有する成形物体を残す。一方試料 T、U、及び V は、450 より高い温度で気化する潤滑剤を含み、従って、この場合に使用するには適さない。試料 W 中のステアリン酸亜鉛は 450 未満で完全に気化するが、ZnO の残留物を残す。試料 W は本発明の範囲外である。

【0047】

表 5 は、例による異なった潤滑剤の不活性雰囲気での気化のための温度範囲を示している。試料 P ~ S は、試験した粉末と組合せて用いるのに適した気化温度を有する潤滑剤を含んでいる。

50

【 0 0 4 8 】

【 表 5 】

表 5

試料	完全気化温度 (°C)	熱処理成形物体の 酸化性能
P (ベヘニルアルコール)	290-300	良好
Q (ステアルアミド)	290-300	良好
R (ユルシルーステアルアミド)	410-420	良好
S (EBS)	390-440	良好
T (PW655)	470-500	不十分
U (オレインアミド)	>500	不十分
V (ポリアミド)	>550	不十分
W (ステアリン酸亜鉛)	不可能	不十分

10

20

【 0 0 4 9 】

例 6

ソマロイ700粉末を、表6に従って、0.5%の金属有機潤滑剤と混合し、80の工具ダイ温度を用いて800MPaで成形した。試料を、更に、空气中で20分間300で熱処理し、次に520で45分間水蒸気処理にかけた。

【 0 0 5 0 】

磁氣的及び機械的の性質を例1及び2に従い測定し、次の表6に要約する。

【 0 0 5 1 】

【 表 6 】

表 6

試料	密度 (g/cm <sup>3</sup> )	TRS (MPa)	抵抗率 ( $\mu\Omega\text{m}$ )	鉄損 (W/kg)
G (ステアルアミド)	7.49	135	192	45
X (ケノルーベ) (Kenolube(登録商標名))	7.47	105	90	51
Y (ステアリン酸Li)	7.50	90	20	63
Z (ステアリン酸Zn)	7.52	100	4	126

40

【 0 0 5 2 】

表6から分かるように、異なった金属含有量を有する潤滑剤(試料X、Y、Z)は、低い電気抵抗率を与え、従って、ステアリンアミドを用いて製造した試料Gよりも大きな鉄損を与える。

50

## 【 0 0 5 3 】

## 例 7

ソマロイ 700 粉末を、0.5 重量%の EBS ワックス〔アクラワックス (Acrawax) (登録商標名)〕と混合し、 $7.35 \text{ g/cm}^2$  に成形した。一つの試料 (AA) は、先ず本発明に従い 440 で窒素雰囲気中で 45 分間熱処理にかけた。第二試料 (AB) は、予め潤滑剤を除去せずに、直接米国特許第 6,485,579 号に開示されている方法に従い水蒸気処理にかけた。それら試料の水蒸気処理は、最高温度 500 で 30 分間行なった。

## 【 0 0 5 4 】

磁氣的及び金属性質を、例 1 及び 2 に従って測定した。

10

## 【 0 0 5 5 】

## 【表 7】

表 7

試料	気化处理	TRS (MPa)	抵抗率 ( $\mu\Omega\text{m}$ )	最大 $\mu$	鉄損 (W/kg)	性能
AA (EBS ワックス)	440°C N <sub>2</sub>	138	85	600	61	OK
AB* (EBS ワックス)	無し	65	17	350	98	不充分

20

\* 米国特許第 6,485,579 号の記載による。

## 【 0 0 5 6 】

表 7 で観察されるように、試料 AA の大きな機械的強度及び優れた電気抵抗率は、本発明による水蒸気処理前の脱潤滑剤が優れた性質を与えることを示しているのに対し、試料 AB は、比較的低い抵抗率及び低い機械的強度を示している。用いた潤滑剤 (非金属含有潤滑剤、この場合には EBS ワックス) のため、水蒸気処理の成功は、脱潤滑剤工程に依存している。

## 【 0 0 5 7 】

## 例 8

この例では、ソマロイ 700 の平均粒径より小さい平均粒径を有するソマロイ 500 粉末 (スウェーデンのヘガネス AB から入手できる) を用いた。ソマロイ 500 を、0.5 重量%のステアルアミド又はケノルーベと混合し、80 の工具ダイ温度を用いて 800 MPa で成形した。二つの試料 (AC 及び AD) を、更に、不活性雰囲気中で 300 で 20 分間熱処理にかけ、次に本発明により 520 で 45 分間水蒸気処理にかけた。

## 【 0 0 5 8 】

磁氣的及び機械的性質を例 1 に従って測定した。

30

## 【 0 0 5 9 】

【表 8】

表 8

試料	密度 (g/cm <sup>3</sup> )	T R S (MPa)	抵抗率 ( $\mu\Omega\text{m}$ )	最大 $\mu$	鉄損 (W/kg)
A C (ステアルアミド)	7.36	150	30	450	65
A D* (ケノルーベ)	7.36	120	5	420	105

\* 米国特許第 6, 4 8 5, 5 7 9 号の記載による。

10

## 【 0 0 6 0 】

表 8 は、一層微細なソマロイ 5 0 0 粉末と、非金属含有潤滑剤とから本発明に従い製造された部品（試料 A C）は、大きな強度及び許容可能な鉄損に到達することができることを明瞭に示している。試料 A C は、試料 A D と比較して、T R S、抵抗率、透磁率のみならず、鉄損についても一層よい値を示していることは明らかである。

## 【図面の簡単な説明】

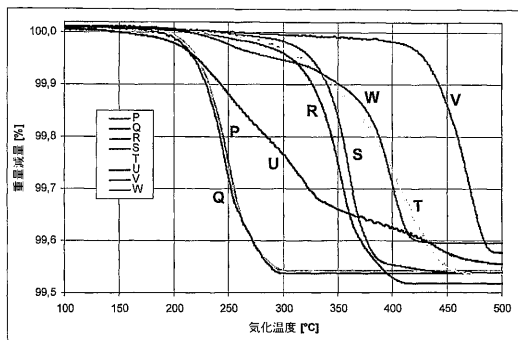
## 【 0 0 6 1 】

【図 1】図 1 は、ソマロイ 5 0 0 及びソマロイ 7 0 0 を用いて、本発明に従い製造された種々の部品からの種々の断面を示している。

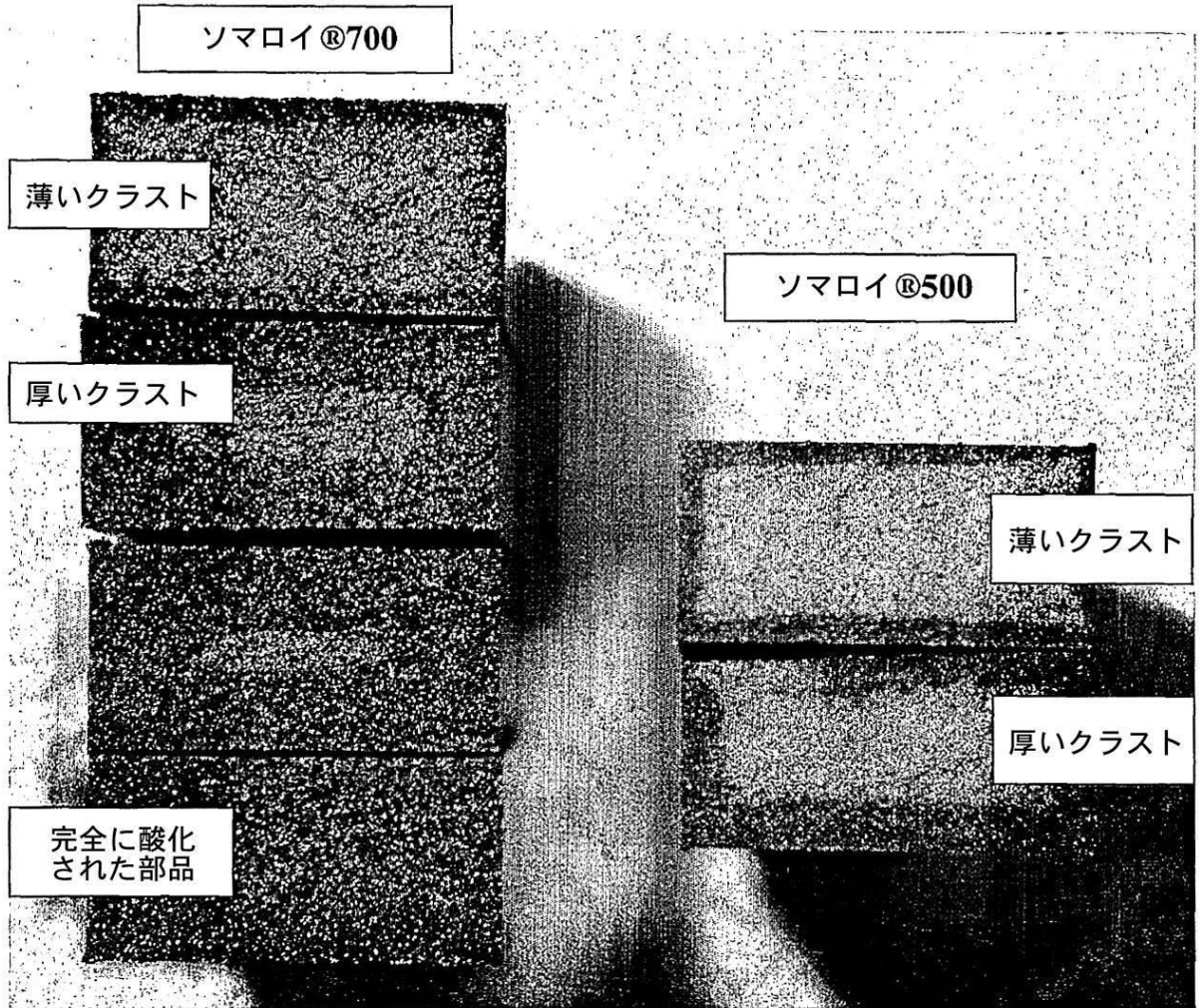
20

【図 2】図 2 は、異なった潤滑剤を用いた成形物体の熱重量分析を示す図である。

## 【図 2】



【図1】



---

フロントページの続き

(51)Int.Cl. F I  
H 0 1 F 27/255 (2006.01) H 0 1 F 27/24 D

(72)発明者 イエ、チョウ  
スウェーデン国、レルベルゲタス、フレガットヴェーゲン 3

(72)発明者 ヤンソン、パトリシア  
スウェーデン国、ヴィケン、リングヴェーゲン 3 6

審査官 山田 正文

(56)参考文献 特表2001-510286(JP,A)  
特開昭54-150307(JP,A)  
特開2001-342478(JP,A)  
国際公開第2004/037468(WO,A1)  
特表2003-515661(JP,A)  
特開平07-166202(JP,A)  
特開平07-245209(JP,A)  
特公昭51-043007(JP,B1)  
特開2000-178603(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H01F 41/02  
B22F 1/02  
B22F 3/02  
B22F 3/24  
H01F 1/24  
H01F 27/255